



①⑨ **BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND**



**DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT**

⑫ **Offenlegungsschrift**  
⑩ **DE 199 59 515 A 1**

⑤① Int. Cl.<sup>7</sup>:  
**C 23 C 4/12**

⑦① Aktenzeichen: 199 59 515.1  
⑦② Anmeldetag: 9. 12. 1999  
④③ Offenlegungstag: 13. 6. 2001

**DE 199 59 515 A 1**

⑦① Anmelder:  
DACS Dvorak Advanced Coating Solutions, Thun,  
CH

⑦④ Vertreter:  
Hiebsch Peege Behrmann, 78224 Singen

⑦② Erfinder:  
Dvorak, Michael, Dr., Thun, CH

**Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen**

⑤④ Verfahren zur Kunststoffbeschichtung mittels eines Spritzvorganges, eine Vorrichtung dazu sowie die Verwendung der Schicht

⑤⑦ Bei einem Verfahren zur Kunststoffbeschichtung mittels eines Spritzvorganges wird eine Schicht aus metallischen, nichtmetallischen oder oxidischen Werkstoffen auf ein Kunststoffelement oder eine Schicht aus Kunststoff auf einen Grundwerkstoff mittels eines Hochdruck-Spritzverfahrens unter Zugabe des pulverförmigen Werkstoffes durch eine gasgesteuerte Pulverförderereinheit aufgetragen.

**DE 199 59 515 A 1**

## Beschreibung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Kunststoffbeschichtung mittels eines Spritzvorganges. Zudem erfaßt die Erfindung eine Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens mit einem Düseneinschnürungsbereich und nachgeschaltetem Beschleunigungskanal sowie die Verwendung der Schicht.

Unter Kunststoffbeschichtung versteht man sowohl das Beschichten von Kunststoffen – beispielsweise die Kunststoffmetallisierung – als auch mit Kunststoffen, also mit Materialien, deren wesentliche Bestandteile aus solchen makromolekularen organischen Verbindungen bestehen, die synthetisch oder durch Abwandeln von Naturprodukten entstehen.

Das Auftragen solcher Plastikwerkstoffe mit und ohne Füllung durch thermische Spritzverfahren, wie etwa Flammsspritzen und Plasmaspritzen mit pulverförmigem oder drahtförmigem Spritzwerkstoff, ist seit langem bekannt. Das bei all diesen Verfahren auftretende Problem ist, dass beim Aufschmelzen des Plastikwerkstoffes dieser in vielen Fällen – bedingt durch die Verweilzeit im Strahl und die thermische Beeinflussung – strukturell verändert wird und dadurch seine Stabilität in Hinsicht auf die Beständigkeit verliert; bei allen bekannten Verfahren ist es notwendig, die zu beschichtende Oberfläche auf die – oder nahe an die – Schmelztemperatur vorzuwärmen.

Bei einem der US-A-5 282 573 zu entnehmenden Flammsspritzverfahren wird in einen Flammsspritzbrenner das Pulver von innen und von außen in die Flamme eingeführt. Obwohl diese Anlage ein Aufspritzen von Plastikwerkstoff erlaubt, verlieren alle Werkstoffe durch lange Verweilzeit und zu hohe Temperatur ihre erforderlichen Eigenschaften.

Auch Versuche, den Plastikwerkstoff von außen in einem gewissen Abstand in die Plasmaflamme einzubringen, wie in der DE-C-41 29 120 beschrieben, zeigte keine guten Ergebnisse, da auch hier die aufgebrachte Schicht im Vergleich zum nicht gespritzten Werkstoff schlechtere Eigenschaften aufwies.

Ein wesentliches Problem bei diesen Versuchen bestand darin, dass immer sehr hohe thermische und relativ niedrige kinetische Energie zum Aufspritzen verwendet wurden, da die eingesetzten Spritzgeräte in allen Fällen für höher schmelzende Metalle konstruiert waren.

In Kenntnis dieser Gegebenheiten hat sich der Erfinder das Ziel gesetzt, die erkannten Nachteile zu beseitigen und ein günstiges Verfahren zum Beschichten von Kunststoffteilen ohne Vorwärmung – oder auch von Holz – anzubieten bzw. zum Beschichten mit Kunststoffpulvern od. dgl. organischen Stoffen. Zudem soll eine Vorrichtung dazu geschaffen werden.

Zur Lösung dieser Aufgabe führt die Lehre des unabhängigen Anspruches; die Unteransprüche geben günstige Weiterbildungen an. Zudem fallen in den Rahmen der Erfindung alle Kombinationen aus zumindest zwei der in der Beschreibung, der Zeichnung und/oder den Ansprüchen offenbarten Merkmale.

Erfindungsgemäß wird entweder eine Schicht aus metallischen, nichtmetallischen oder oxidischen Werkstoffen auf ein Kunststoffelement oder aber eine Schicht aus Kunststoff auf einen Grundwerkstoff mittels eines Hochgeschwindigkeits-Spritzverfahrens unter Zugabe des pulverförmigen Werkstoffes durch eine gasgesteuerte – insbesondere mit Überdruck und Unterdruck betriebene – Pulverfördereinheit aufgetragen, dies bevorzugt mittels eines Hochgeschwindigkeits-Flammsspritzverfahrens oder eines Hochgeschwindigkeits-Kaltspritzverfahrens.

Als günstig hat es sich erwiesen, einen Spritzwerkstoff in

einem Korngrößenbereich zwischen 0,1 und 150 µm, insbesondere 0,5 bis 75 µm, einzusetzen, besonders aber in einem Korngrößenbereich von 1 bis 30 µm.

Nach einem anderen Merkmal des erfindungsgemäßen Verfahrens werden polymere pulverförmige Kunststoffe durch nanokristalline Zusätze auf die Eigenschaften des Grundwerkstoffes eingestellt; als Spritzpulver werden nanokristalline Pulver vorgeschlagen.

Gute Resultate werden dann erreicht, wenn die Schicht auf einen faserverstärkten Werkstoff aufgebracht wird, etwa einen durch Kohle- oder Glasfasern verstärkten Werkstoff.

Zum anderen kann die erfindungsgemäße Schicht auf einen Kunststoff, einen hochtemperaturbeständigen Kunststoff, auf Polyurethan, Hochleistungsthermoplast und/oder Duroplast aufgetragen werden, insbesondere auf Polyetheretherketon (PEEK), Polyacryletherketon (PAEK), deren Vorstufen, Polyphenylensulfid (PPS), Liquidcrystallinepolymer (LCP), Entfunctional Oligomere oder auf Polyamide.

Der Kunststoff soll im Rahmen der Erfindung als Grundwerkstoff oder als Basisschicht auf einem Metall oder als Deckschicht aufgetragen werden. Als Schicht kann vorteilhafterweise auf den Kunststoff eine Verschleißschicht aus Karbiden, Oxiden, Nitriden, Siliciden, Boriden oder Mischungen davon aufgespritzt werden, wobei die Karbide, Oxide, Nitride, Silicide, Boride mit einem metallischen Binder gebunden werden sollen, beispielsweise mit Nickel, Kobalt od. dgl. Elementen.

Auch hat es sich als günstig erwiesen, als Schicht einen metallischen oder intermetallischen Werkstoff aufzuspritzen, beispielsweise Ni; NiCr; Cr; Cu; Fe; Al sowie Legierungen oder Mischungen davon. Die Schicht aus einem Gemisch der Werkstoffe kann zudem graduiert aufgebaut werden.

Im Rahmen der Erfindung liegt eine als Hochdruck-Hochgeschwindigkeits-Flammsspritzbrenner ausgebildete Vorrichtung mit einem Düseneinschnürungsbereich und nachgeschaltetem Beschleunigungskanal sowie mit einer gasgesteuerten Pulverfördereinheit, die vorteilhafterweise mit Überdruck sowie mit Unterdruck betrieben zu werden vermag. In diesem Hochdruck-Hochgeschwindigkeits-Flammsspritzbrenner wird der pulverförmige Spritzwerkstoff bevorzugt zentral der Hochgeschwindigkeitsflamme nahe dem Düseneinschnürungsbereich und vor dem Beschleunigungskanal zugeführt, wobei nach einem anderen Merkmal der Erfindung wenigstens eine radial zur Hochgeschwindigkeitsflamme angeordnete Zuführeinrichtung für den pulverförmigen Spritzwerkstoff vorgesehen ist.

Als weitere erfindungsgemäße Maßnahme ist anzusehen, dass der Druckbereich für den Flammenstrahl des Hochdruck-Hochgeschwindigkeits-Flammsspritzbrenners mit einem Hochdruck von 5 bis 50 bar – vorzugsweise 10 bis 25 bar – zu betreiben ist. Zudem soll der Pulverförderer zwischen dem Pulverlagerbehälter und dem Pulveraustritt zum Spritzgerät druckgesteuert und druckgekoppelt sein.

Dank dieser Maßgaben hat sich gezeigt, dass es möglich ist, mit dem erfindungsgemäßen Hochdruck-Hochgeschwindigkeits-Flammsspritzbrenner bei der Einführung des pulverförmigen Werkstoffes axial oder radial nahe oder in der Einschnürzone vor dem oder im Beschleunigungskanal zugeführt werden, wodurch die Plastikwerkstoffe ohne Veränderung der Struktur und ohne Substrat Vorwärmung aufgespritzt werden können. Eine weitere Notwendigkeit ist es, einen druckentkoppelten, durch Unter- und Überdruck gesteuerten Pulverförderer zu verwenden, da nur ein solcher es erlaubt, den pulverförmigen Spritzwerkstoff in der beschriebenen Stelle in den Flammenkanal einzubringen und mit einer ausreichenden Genauigkeit die beschriebenen Spritzwerkstoffe zu fördern.

Von Bedeutung ist bei einer in der beschriebenen Weise mittels des Hochgeschwindigkeits-Spritzverfahrens auf Plastikwerkstoff aufgetragenen Schicht, dass sie zu einer Verbesserung sowohl der Verschleißfestigkeit als auch der Korrosionsbeständigkeit des Grundwerkstoffes beiträgt.

Die erfindungsgemäße – wie gesagt auf Plastikwerkstoff aufgetragene – Schicht kann zum Herstellen eines Gleitlagers bzw. einer Gleitschicht eingesetzt werden, ebenfalls für eine elektrisch leitende Schicht oder eine magnetische Schicht. Auch die Erzeugung einer Isolierschicht, einer Antihafschicht oder einer biologisch aktiven Schicht ist möglich.

Im Rahmen der Erfindung liegt schließlich die Verwendung solcher auf einem Plastikwerkstoff entstandener Schichten sowohl in der Automobil-Industrie oder im Maschinenbau als auch in der chemischen Industrie sowie im Schiffs- und Bootsbaubereich. Ein weiteres Anwendungsgebiet ist die Medizintechnik.

Dank der erfindungsgemäßen Vorgehensweise, i.w. thermische Energie weitgehend durch kinetische zu ersetzen, können die erwähnten Kunststoffteile ohne Vorwärmen beschichtet bzw. in entsprechender Weise Kunststoffschichten auf Grundwerkstoffe aufgetragen werden.

Weitere Vorteile, Merkmale und Einzelheiten der Erfindung ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung bevorzugter Ausführungsbeispiele sowie anhand der Zeichnung; diese zeigt in ihren beiden Figuren jeweils einen schematisierten Längsschnitt durch einen Hochdruck-Hochgeschwindigkeits-Flammspritzbrenner (HD-HVOF) und zwar

Fig. 1 einen Flammspritzbrenner mit axialer Pulverzuführung;

Fig. 2 einen Flammspritzbrenner mit radialer Pulverzuführung.

Ein pistolenartiger Flammspritzbrenner 10 nach Fig. 1 enthält ein – nahe der Rückwand 12 einer Brennkammer 14 mündendes – axiales Zuführrohr 18 für den zu verarbeitenden Spritz- oder Werkstoff. Dieses ist an eine bei 20 angeordnete Pulverfördereinheit angeschlossen, bei der ein Volumen mit Unterdruck angesaugt sowie mit Überdruck weitergeleitet wird.

Die sich in einem Bereich 16 der axialen Länge  $a$  in Spritzrichtung  $x$  verjüngende Brennkammer 14 geht in einen rohrartigen Beschleunigungskanal 22 mit endwärtiger Mündung 24 für die Hochgeschwindigkeitsflamme  $F$  über.

Der Flammspritzbrenner 10, der Fig. 2 ist zwischen dem sich verjüngenden Bereich 16 der Brennkammer 14 und dem Beschleunigungskanal 22 mit einer Einschnürzone 26 ausgestattet, die von einem engen Durchgangsquerschnitt 28 definiert ist. Diesem sind die Mündungen zweier radialer Zuführrohre 19 in Spritzrichtung  $x$  nachgeordnet.

Mit diesem pistolenartigen Flammspritzbrenner 10, 10<sub>a</sub> – denen jeweils eine gasgesteuerte Pulverfördereinheit zugeordnet ist – werden ein Flammendruck in der Brennkammer bzw. im Bereich des Pulverinjektionspunktes zwischen 5 bis 50 bar, vorzugsweise 10 bis 25 bar, und eine sehr hohe Flammengeschwindigkeit im Bereich bis zu Mach 3 erreicht. Infolge des hohen Arbeitsdruckes werden die Spritzpulverpartikel wesentlich besser beschleunigt, und die Wärmeeinbringung wird auf ein Minimum reduziert.

Als Grundwerkstoffe eignen sich für das hier beschriebene Verfahren metallische und Plastikwerkstoffe, wie etwa Polyurethan, hochtemperaturbeständige Kunststoffe, Hochleistungsthermoplaste und/oder Duropaste. Bei metallischen Grundwerkstoffen werden Zwischenschichten zum Abbau der Spannungen zur Kompensation der Unterschiede im Ausdehnungskoeffizienten oder zum Abbau derselben aufgetragen, beispielsweise wenn auf einen faserverstärkten

Werkstoff eine Verschleißschicht aus Hartstoffen – etwa aus Boriden, Karbiden, Nitriden, Siliciden und/oder Oxiden – mit und ohne Metall- oder Plastikbinder aufgespritzt werden soll.

Die bei Zwischen- und Deckschichten verwendeten hochtemperaturbeständigen Kunststoffe sind:

- Polyetheretherketon (PEEK);
- Polyacryletherketone (PAEK) und deren Vorstufen;
- Polyphenylensulfid (PPS);
- Liquidcrystallinepolymer (LCP);
- Entfunktionale Oligomere oder
- Polimide,

die je nach den anstehenden Problemen mit oxidischen und/oder nanokristallinen Werkstoffen gefüllt sein können bzw. als Werkstoffmischung verwendet werden, um die Eigenschaften dem Anforderungsprofil optimal anzupassen.

Nur wenn mit einem solchen Verfahren gearbeitet wird und die Abstimmung der Spritzwerkstoffe auf die Eigenschaften des Grundwerkstoffes – wie etwa des Ausdehnungskoeffizienten – sowie die Schichtfolge eingehalten werden, können Schichten auf metallische, nichtmetallische und plastische Grundwerkstoffe mit Erfolg aufgebracht werden.

#### Beispiel 1

Im Werkzeugbau für Karosserieteile werden beim Herstellen von Kleinserien – oder für Änderungen an derartigen Werkzeugen – zur Kostensenkung Hartplastikwerkzeuge oder Teile davon verwendet. Um diese Werkzeuge mit einer verschleißfesten Schicht zu versehen, ist im Hinblick auf die geringe Temperaturbelastung des Grundwerkstoffes nur ein mit hohem Druck arbeitendes Hochgeschwindigkeitsflammspritz-Verfahren einsetzbar.

Bei Versuchen wurde als Übergangsschicht eine Werkzeug-Verschleißbeschichtung einer Schichtdicke von 200 µm mittels eines HD-HVOF (Hochdruck-Hochgeschwindigkeits-Flammspritz-) Verfahrens aufgebracht aus Polyetheretherketon mit einem Zusatz von Aluminium-Oxiden von 1 bis 30 Gew.-% und einer Kornverteilung für das Spritzpulver von 1 bis 50 µm.

Es folgte eine Zwischenschicht aus Kupfer mit einer Schichtdicke von 100 µm, die mit einer Lichtbogendrahtspritzpistole aufgespritzt wird, und auf dieser wurde eine Deckschicht bzw. Verschleißschicht mit einer Schichtdicke von 40 µm aufgebaut, für die ebenfalls ein HD-HVOF-Verfahren eingesetzt wurde. Als Spritzpulver diente hier ein Wolframkarbid/Kobalt 88/12 mit einer Kornverteilung von 1 bis 20 µm.

Durch das Aufbringen dieser Beschichtung wurde eine wesentlich höhere Standzeit für das Werkzeug erreicht.

#### BEISPIEL 2

Hier erfolgte die Ausführung wie zu Beispiel 1 beschrieben mit dem Unterschied, dass die Übergangsschicht zum besseren Anpassen an den Grundwerkstoff bzw. zum Anpassen der Ausdehnungskoeffizienten einen gradierten Aufbau (PEEK-Aluminium-Oxid) aufwies.

#### BEISPIEL 3

Auch diese Ausführung entsprach jener nach Beispiel 1, wobei allerdings die Übergangsschicht zum besseren Anpassen an den Grundwerkstoff bzw. zum Anpassen der Ausdehnungskoeffizienten und der elektrischen Leitfähigkeit

aus einem Spritzwerkstoff der Zusammensetzung PEEK-Aluminium-Oxid-Kupfer besteht.

## BEISPIEL 4

Dieses entsprach dem Beispiel 3 mit dem Unterschied einer galvanisch oder elektrochemisch aufgetragenen Verschleißschicht.

## BEISPIEL 5

Hierbei wurde die nach Beispiel 4 erzeugte fertige Beschichtung vor dem Einsatz mit einer Wärmebehandlung im Temperaturbereich von 150 bis 350°C nachbehandelt.

## BEISPIEL 6

Auf Walzenrollen für die Papierindustrie wurde zur Verbesserung der Standzeiten und der Beständigkeit gegen Feuchtigkeit eine Verschleißschutzschicht mit hoher Durchschlagsfestigkeit und niedriger Klebeneigung aufgetragen. Als Spritzanlage wurde eine HD-HVOF-Einrichtung mit einer unter Überdruck und Unterdruck arbeitenden Pulverförderereinheit verwendet. Die Schichtdicke sollte 500 µm betragen.

Als Spritzpulver wurde ein Gemisch aus 70 bis 98 Gew.-% Polyetheretherketon (PEEK) und 2 bis 30 Gew.-% nanokristallinen Oxiden einer Kornverteilung von 1 bis 20 µm eingesetzt. Die gefundenen Werte und Standzeiten lagen gegenüber denen ohne Beschichtung wesentlich höher.

## BEISPIEL 7

Entsprach dem Beispiel 6, wobei die Beschichtung einen gradierten Aufbau aufwies.

## BEISPIEL 8

Auch dieses entsprach dem Beispiel 6, allerdings unter Einsatz eines Faserverbundwerkstoffes als Grundwerkstoff.

## BEISPIEL 9

Beim Aufspritzen einer Antifäulnis-Schicht auf einen aus Kunststoff hergestellten Boots- oder Schiffskörper wurde das HD-HVOF-Verfahren eingesetzt und eine Schicht einer Schichtdicke von 500 µm mit der folgenden Zusammensetzung aufgebracht: der pulverförmige Spritzwerkstoff bestand aus einem Gemisch von einem Polyurethanpulver sowie einem nanokristallinen Kupferpulver im Verhältnis 90/10; die Kornverteilung betrug 1 bis 75 µm.

Diese Schicht zeigte gegenüber den sonst üblichen kupferhaltigen Farbanstrichen eine wesentlich höhere Standzeit und bot eine bessere ökologische Verträglichkeit an.

## BEISPIEL 10

Kohlefaserverstärkte Implantate für Knie- oder Hüftgelenke können bis heute nur bedingt eingesetzt werden, da sich das Hydroxylapatit nicht auf diesen Werkstoff aufspritzen läßt. Darum wurde mit dem HD-HVOF-Verfahren eine mit diesem Grundwerkstoff und dem menschlichen Körper verträgliche Zwischenschicht und anschließend die biostabile Schicht – beispielsweise Hydroxylapatit – aufgespritzt. Die Zwischenschicht einer Schichtdicke von 50 µm bestand aus pulverförmigem PPS und Al-Oxid im Mischungsverhältnis 10 bis 40 Anteile Al-Oxid, Rest PPS.

Diese Lösung ergab eine implantierbare Prothese, die

sehr leicht und gut verträglich ist. Auch die Entstehungskosten können gegenüber einer Titanlegierung als Grundwerkstoff enthaltenden Prothesen niedriger gehalten werden.

## BEISPIEL 11

Bei Walzengleitlagern sollte das bis jetzt verwendete Weißmetall gegen einen besseren Gleitlagerwerkstoff ersetzt werden. Die Beschichtung nach dem HD-HVOF-Verfahren geschah mit einer Zwischenschicht und einer Deckschicht aus pulverförmigen Werkstoffen der folgenden Zusammensetzung:

- Zwischenschicht einer Schichtdicke von 50 µm aus einem Gemisch von Polyacryletherketon (PAEK) und Al-Oxid im Verhältnis 10 bis 30 Gew.-% Al-Oxid, Rest PAEK;
- Deckschicht bei einer Schichtdicke von 2000 µm aus einem Gemisch von PEEK, Kupfer und Bornitriden in der folgenden Zusammensetzung Cu 30 Gew.-% und Bornitrid (Hexagonal) 4 Gew.-%, Rest PEEK.

Die so hergestellten Gleitlager zeigten sehr gutes Gleitverhalten und eine wesentlich höhere Standzeit als bislang bekannte Gleitlager.

## BEISPIEL 12

Ein Reaktorbehälter für die chemische Industrie sollte zur Steuerung der darin durchzuführenden Reaktionen mit einer korrosionsfesten und magnetischen Schutzschicht versehen werden. Die Beschichtung sollte mit dem HD-HVOF-Verfahren erfolgen und die aufgetragene Schicht eine Schichtdicke von 700 µm aufweisen.

Als pulverförmiger Werkstoff wurde ein Gemisch aus PEEK, Si-Oxid, Al-Oxid und nanokristallinem Ferrit verwendet. Die Zusammensetzung lag bei Si-Oxid 5 bis 20 Gew.-%, Al-Oxid 10 bis 20 Gew.-% und Rest PEEK. Durch die Ferritkorngröße wurde der Curiepunkt der Beschichtung auf 280°C eingestellt. Die Kornverteilung betrug 1 bis 40 µm.

Nach dem Aufspritzen wurde die Schicht mittels Induktion nachgesintert.

Die nachfolgend in diesem Reaktor durchgeführten Reaktionen waren sehr erfolversprechend.

## BEISPIEL 13

Auf einem aus Holz hergestellten Klettergarten für einen Spielplatz sollte eine verwitterungsfeste Schutzschicht einer Schichtdicke von 200 µm mit dem HD-HVOF-Verfahren aufgebracht werden.

Als pulverförmiger Werkstoff wurde ein Gemisch verwendet aus

- $\text{Al}_2\text{O}_3\text{-TiO}_2$  87/13 = 20 Gew.-%;
- Graphitpulver = 5 Gew.-%;
- Polyamid = Rest.

Die so hergestellte Schutzschicht hatte eine ausgezeichnete Witterungsbeständigkeit und zeigte zudem eine schöne schwarze Farbe.

## Patentsprüche

1. Verfahren zur Kunststoffbeschichtung mittels eines Spritzvorganges, **dadurch gekennzeichnet**, dass eine Schicht aus metallischen, nichtmetallischen oder oxidi-

schen Werkstoffen auf ein Kunststoffelement oder eine Schicht aus Kunststoff auf einen Grundwerkstoff mittels eines Hochdruck-Spritzverfahrens unter Zugabe des pulverförmigen Werkstoffes durch eine gasgesteuerte Pulverfördereinheit aufgetragen wird. 5

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Pulverfördereinheit mit Überdruck und Unterdruck betrieben wird.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, gekennzeichnet durch ein Hochgeschwindigkeits-Flammspritzverfahren. 10

4. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, gekennzeichnet durch ein Hochgeschwindigkeits-Kaltspritzverfahren.

5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, gekennzeichnet durch einen Spritzwerkstoff in einem Korngrößenbereich zwischen 0,1 und 150 µm, insbesondere 0,5 bis 75 µm. 15

6. Verfahren nach Anspruch 5, gekennzeichnet durch einen Korngrößenbereich von 1 bis 30 µm.

7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass polymere pulverförmige Kunststoffe durch nanokristalline Zusätze auf die Eigenschaften des Grundwerkstoffes eingestellt werden. 20

8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass als Spritzpulver nanokristalline Pulver eingesetzt werden. 25

9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass die Schicht auf einen faserverstärkten Werkstoff aufgebracht wird.

10. Verfahren nach Anspruch 9, gekennzeichnet durch Kohle- oder Glasfasern als den Werkstoff verstärkende Fasern. 30

11. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass die Schicht auf einen Kunststoff, einen hochtemperaturbeständigen Kunststoff, auf Polyurethan, Hochleistungsthermoplast und/oder Duroplast aufgebracht wird. 35

12. Verfahren nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, dass die Schicht auf Polyetheretherkenton (PEEK), Polyacryletherkenton (PAEK), deren Vorstufen, Polyphenylensulfid (PPS), Liquidcrystallinepolymer (LCP), Entfunktionale Oligomere oder Polyamide aufgebracht wird. 40

13. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 12, dadurch gekennzeichnet, dass der Kunststoff als Grundwerkstoff oder als Basisschicht auf einem Metall oder als Deckschicht aufgetragen wird. 45

14. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 13, dadurch gekennzeichnet, dass als Schicht auf den Kunststoff eine Verschleisschicht aus Karbiden, Oxiden, Nitriden, Siliciden, Boriden oder Mischungen davon aufgespritzt wird. 50

15. Verfahren nach Anspruch 14, dadurch gekennzeichnet, dass die Karbide, Oxide, Nitride, Silicide, Boride mit einem metallischen Binder gebunden werden, beispielsweise mit Nickel, Kobalt od. dgl. Elementen. 55

16. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 13, dadurch gekennzeichnet, dass als Schicht ein metallischer oder intermetallischer Werkstoff aufgespritzt wird. 60

17. Verfahren nach Anspruch 16, dadurch gekennzeichnet, dass als Schicht Ni, NiCr, Cr, Cr-Legierungen, Cu, Cu-Legierungen, Fe, Fe-Legierungen, Al, Al-Legierungen oder Mischungen davon aufgespritzt wird/werden. 65

18. Verfahren nach einem der Ansprüche 11 bis 17, gekennzeichnet durch eine Schicht aus einem Gemisch der Werkstoffe, die gradiert aufgebaut wird.

19. Vorrichtung mit einem Düseneinschnürungsbe- reich (26) und nachgeschaltetem Beschleunigungska- nal (22) zur Durchführung des Verfahrens nach wenig- stens einem der vorausgehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Vorrichtung als Hochdruck- Hochgeschwindigkeits-Flammspritzbrenner (10, 10<sub>a</sub>) oder als Hochgeschwindigkeits-Kaltspritzbrenner aus- gebildet sowie mit einer gasgesteuerten Pulverförder- einheit (20) versehen ist.

20. Vorrichtung nach Anspruch 19, dadurch gekenn- zeichnet, dass die Pulverfördereinheit (20) mit Über- druck und mit Unterdruck betreibbar ausgebildet ist.

21. Vorrichtung nach Anspruch 19 oder 20, dadurch gekennzeichnet, dass in ihr der pulverförmige Spritz- werkstoff zentral der Hochgeschwindigkeitsflamme (F) nahe dem Düseneinschnürungsbereich (26) und vor dem Beschleunigungskanal (22) zuführbar ist.

22. Vorrichtung nach Anspruch 19 oder 21, dadurch gekennzeichnet, dass wenigstens eine radial zur Hoch- geschwindigkeitsflamme (F) angeordnete Zuführein- richtung (19) für den pulverförmigen Spritzwerkstoff vorgesehen ist.

23. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 19 bis 21, dadurch gekennzeichnet, dass der Druckbereich für den Flammenstrahl des Hochdruck-Hochgeschwindig- keits-Flammspritzbrenners (10, 10<sub>a</sub>) mit einem Hoch- druck von 5 bis 50 bar, vorzugsweise 10 bis 25 bar, be- treibbar ausgebildet ist.

24. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 19 bis 23, dadurch gekennzeichnet, dass die Pulverfördereinheit (20) zwischen dem Pulverlagerbehälter und dem Pul- veraustritt zum Flammspritzbrenner (10, 10<sub>a</sub>) druckge- steuert und druckgekoppelt ist.

25. Verwendung einer durch ein Hochgeschwindig- keits-Spritzverfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 18 auf Plastikwerkstoff aufgetragenen Schicht zum Verbessern der Verschleißfestigkeit und/oder der Kor- rosionsbeständigkeit des Grundwerkstoffes.

26. Verwendung einer durch ein Hochgeschwindig- keits-Spritzverfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 18 auf Plastikwerkstoff aufgetragenen Schicht zum Herstellen eines Gleitlagers bzw. einer Gleitschicht.

27. Verwendung einer durch ein Hochgeschwindig- keits-Spritzverfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 18 auf Plastikwerkstoff aufgetragenen Schicht zum Herstellen einer elektrisch leitenden Schicht oder einer magnetischen Schicht.

28. Verwendung einer durch ein Hochgeschwindig- keits-Spritzverfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 18 auf Plastikwerkstoff aufgetragenen Schicht zum Herstellen einer Isolierschicht.

29. Verwendung einer durch ein Hochgeschwindig- keits-Spritzverfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 18 auf Plastikwerkstoff aufgetragenen Schicht zum Herstellen einer Antihafschicht.

30. Verwendung einer durch ein Hochgeschwindig- keits-Spritzverfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 18 auf Plastikwerkstoff aufgetragenen Schicht zum Herstellen einer biologisch aktiven Schicht.

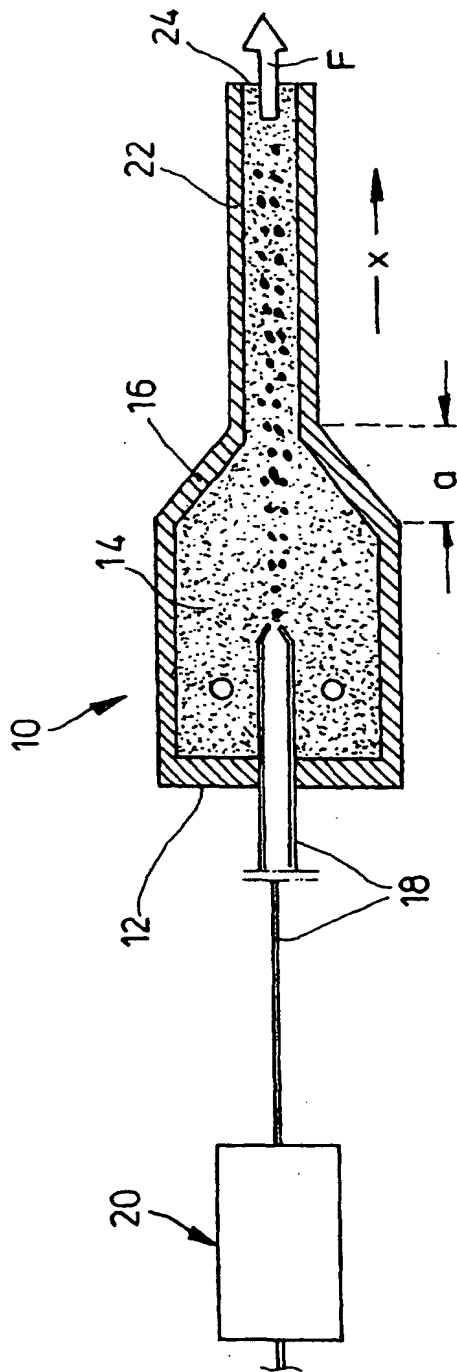


Fig. 1

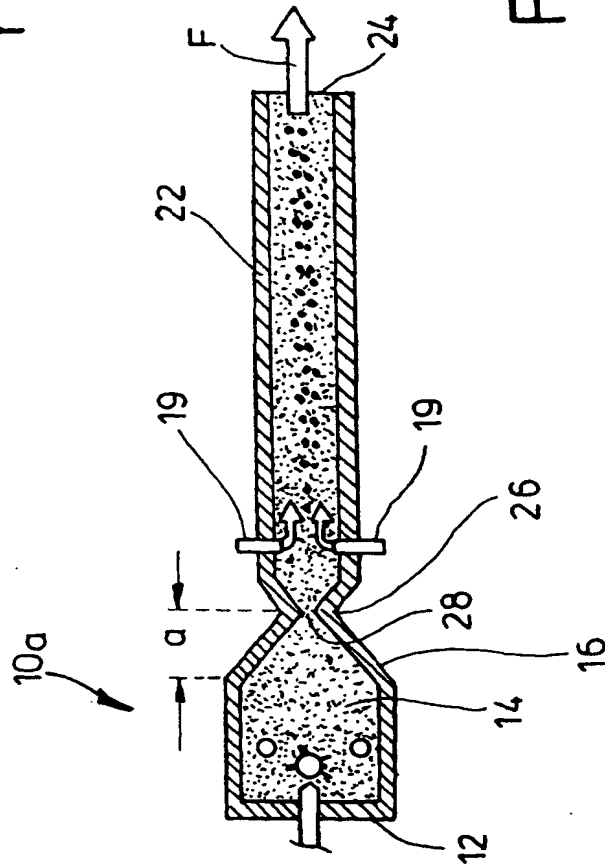


Fig. 2